6Д

УДК 621.9.02

А.Г. Деревянченко
Одесский национальный политехнический университет МОН Украины
Украина, 65044, г. Одесса, просп. Шевченко, 1

Интеллектуальная система диагностирования отказов и восстановления режущей части инструментов

A.J. Derevianchenko
Odessa National Polytechnic University MES of Ukraine
Ukraine, 65044, Odessa, prosp. Shevchenko, 1

Intellectual System of Refusals Diagnosing and Cutting Part of Cutting Tools Renewal

О.Г. Дерев'янченко
Одеський національний політехнічний університет МОН України
Україна, 65044, м. Одеса, просп. Шевченка, 1

Інтелектуальна система діагностування відмов та відновлення різальної частини інструментів

Разработана новая структура интеллектуальной системы (ИС) и теоретические основы для создания новых модулей ИС. Разработаны: модуль построения 2D- и 3D-моделей режущей части (РЧ) изношенных режущих инструментов (РИ) с использованием СТЗ (система технического зрения); модуль определения параметров восстановления РЧ с минимальными потерями инструментального материала и др. ИС обеспечивает повышение качества диагностирования и глубины распознавания состояний РИ.
Ключевые слова: интеллектуальная система, состояния режущих инструментов, диагностирование.

A new structure of the intellectual system (IS) and theoretical bases for creation of the IS modules are developed. The module of 2D - and 3D-models of cutting part (CP) of worn-out cutting tools (CT), which are formed with the use of the system of technical sight, module of the CP renewal with the minimum losses of instrumental material and other are offered. IS is providing the increasing the quality of diagnosing and depth of CT states recognition.
Key words: intellectual system, the states of cutting tools, diagnosing.

Розроблено нову структуру інтелектуальної системи (ІС) та теоретичні основи для створення модулів ІС. Запропоновано: модуль побудови 2D- та 3D-моделей різальної частини (РЧ) зношених різальних інструментів (РІ), що формуються з використанням системи технічного зору, модуль визначення параметрів відновлення РЧ з мінімальними втратами інструментального матеріалу та інші. ІС забезпечує отримання нових високоінформативних ознак станів РІ, підвищення якості діагностування. та глибини розпізнавання станів РІ.
Ключові слова: інтелектуальна система, стани різальних інструментів, діагностування.

Введение

Интеллектуальные технологии находят все более широкое применение в металлообработке [1]. При изготовлении деталей на современных станках класса ГПМ (гибкие производственные модули) возникает необходимость решения задач диагностирования текущих состояний и отказов режущих инструментов (РИ), своевременной замены РИ на стадии предотказа, сокращения расходов на РИ путем оптимизации процессов

их эксплуатации и восстановления. Очевидна необходимость разработки соответствующей интеллектуальной системы (ИС), которая должна обеспечить решение следующих задач:

1. Периодический контроль и диагностирование состояний режущей части (РЧ) РИ.

2. Построение 2D- и 3D-моделей РЧ новых, изношенных РИ и инструмента в предотказном состоянии по результатам их периодического контроля с использованием СТЗ.

3. Формирование комбинированных моделей РЧ РИ, включающих модели отказавшего и нового РИ. Они являются основой для формирования стратегии восстановления отказавших РИ.

4. Выполнение итерационных расчетов прочности постепенно изнашиваемого и периодически контролируемого РИ с использованием 2D- и 3D-моделей РЧ.

5. Анализ модели остаточной зоны РЧ и модели, которая может быть сформирована в результате восстановления. Принятие решения о целесообразности выполнения восстановления РЧ РИ (альтернатива – замена инструмента новым аналогом).

Целью данной работы является разработка структуры ИС, обеспечивающей своевременное диагностирование отказов РИ и оптимальное восстановление РЧ с минимальными потерями инструментального материала, что обеспечит снижение затрат на инструменты для ГПМ.

Основой для разработки ИС являются следующие положения. Эволюция РЧ на протяжении ресурса РИ включает ряд событий – устранимых отказов. Вне контроля ресурс РИ ограничен периодом времени от начала эксплуатации до первого отказа. Для повышения эффективности РИ необходим автоматизированный комбинированный контроль и диагностирование состояний инструмента. Режущая часть РИ представляет собой иерархическую систему элементов с переменной структурой, которая обусловлена составом элементов, сформированных вследствие изнашивания, их положением относительно вершины и формообразующего участка режущей кромки. Суперпозиция структур каждого из уровней, соответствующих параметров определяет текущее состояние РЧ. Отказ РИ наступает вследствие развития одного или группы элементов (дефектов). У прецизионных РИ топология РЧ характерна высоким уровнем сложности (большим числом элементов и иерархической системой связей), поэтому для построения адекватных моделей необходимо по результатам контроля создавать трехмерные образы РЧ или ее элементов. Состояния РИ отображаются в пространстве наблюдений в виде вектора, компоненты которого формируются по результатам контроля, и в пространстве состояний в виде вектора состояний, определяемого путем преобразования вектора наблюдений и используемого для диагностирования инструмента.

По результатам диагностирования выполняется формирование структурной модели РЧ. Затем, после выявления доминирующих («отказонесущих») элементов РЧ производится идентификация параметрической модели. Структурно-параметрическая модель РЧ используется для управления технологической системы ГПМ и прогнозирования остаточного ресурса РИ.

Структура ИС для диагностирования состояний РЧ и снижения затрат на РИ (ИСДСЗРИ) приведена на рис. 1.

Модули интеллектуальной системы

ИСДСЗРИ включает в себя следующие основные модули: 1 – модуль контроля состояний РИ с использованием СТЗ; 2 – модуль контроля параметров процесса

резания; 3 – модуль обработки сигналов прямого и косвенного контроля – исходных данных о состоянии РЧ РИ; 4 – экспертная система (ЭС), в которой выполняются операции распознавания форм и текстур зон износа и разрушений контактных поверхностей, прогнозирование остаточного ресурса РИ; выполнение оценок прочности РЧ; определение периода смены РИ, находящихся в предотказном состоянии; распознавание структуры РЧ отказавших РИ, формирование 3D-моделей РЧ нового и отказавшего РИ, получение совмещенной (комбинированной) модели для двух предельных состояний; определение припусков на переточку РИ с минимальными потерями инструментального материала; 5 – модуль контроля процесса восстановления РЧ РИ.

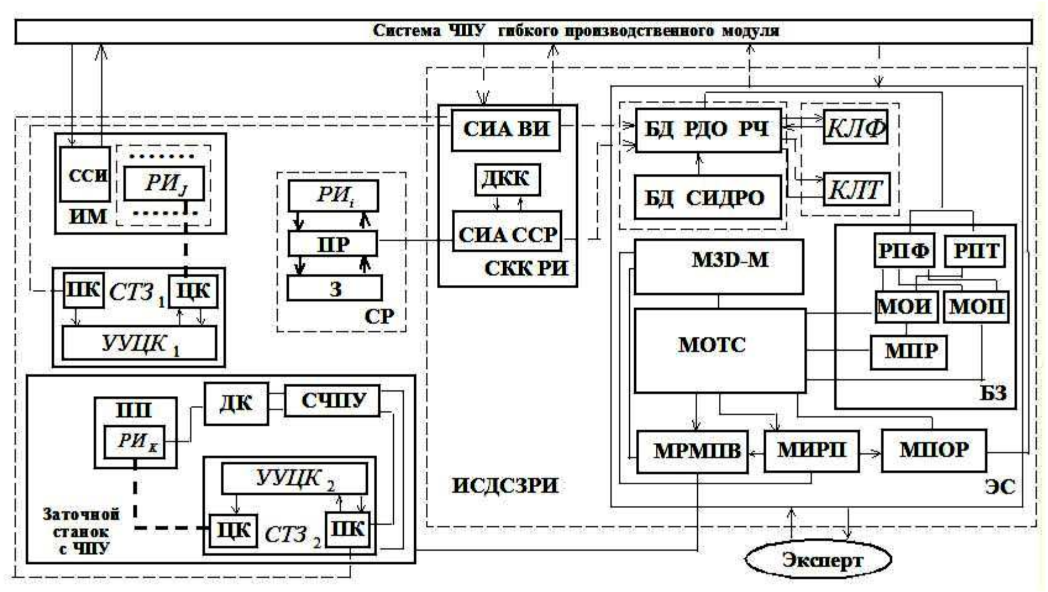


Рисунок 1 – Структура интеллектуальной системы диагностирования отказов и восстановления режущей части инструмента.

В структуре ИСДСЗРИ условно представлены три РИ, каждый из которых находится на определенном этапе своего ресурса: $РИ_i$ – находится в составе системы резания (СР), т.е. участвует в процессе резания (ПР) и выполняет обработку очередной заготовки (З); $РИ_J$ – после окончания цикла обработки установлен в гнездо инструментального магазина (ИМ) системой смены РИ (ССИ), где подвергается контролю СТЗ (по результатам диагностирования состояния, прогнозирования ресурса РИ ЭС принимает решение о возможности дальнейшего использования или необходимости восстановления РЧ; $РИ_K$ – находится в структуре модуля 5, где производится восстановление РЧ после отказа.

В состав модуля 1 входят специализированная СТЗ ($СТЗ_1$), включающая устройство управления цифровой камерой ($УУЦК_1$), ПК и собственно цифровую камеру (ЦК). Сигнал от модуля 1 (исходное цифровое изображение) поступает в систему интеллектуального анализа видеоинформации (СИА ВИ), где выполняется его дальнейшая обработка (рис. 2). В состав модулей 2, 3 входят датчики косвенного контроля (ДКК), СИА ВА; система интеллектуального анализа сигналов системы резания (СИАССР); система комбинированного контроля РИ (СКК РИ). В состав модуля 4 входят следующие компоненты: 1. БД расширенных (структурно дополненных) динамических образов РЧ (БД РДО РЧ) каждого из РИ ГПМ. В нее поступает информация от системы

комбинированного (прямого и косвенного) контроля состояний РЧ (СКК РИ), записываются наборы исходных и преобразованных цифровых изображений РЧ, и соответствующие вектора признаков (вектора состояний), которые поступают затем в классификатор формы (КЛФ) зоны износа или скола и классификатор текстур (КЛТ). Структура, методы, решающие правила и алгоритмы различных вариантов КЛФ изложены в наших работах [2], [3]. 2. БД станков, РИ, деталей, режимов резания, оснастки (БД СИДРО), которые отображают параметры условий эксплуатации РИ, компоненты СР и др. 3. Классификаторы КЛФ и КЛТ. 4. База знаний (БЗ), в структуре которой хранятся наборы решающих правил для распознавания классов формы (РПФ) и классов текстур (РПТ) для разных типов РИ, для различных структур СР, модели отказов РЧ в результате износа (МОИ) и в результате поломки (МОП), модели прогнозирования ресурса РЧ (МПР). 5. Модуль оценки текущего состояния режущей части (МОТС). 6. Модуль формирования 3D-моделей РЧ (М3Д – М). В состав модуля 5 входят: специализированная система технического зрения ($СТЗ_2$); специальное устройство управления цифровой камерой ($УУЦК_2$); поворотное устройство для затачивания по радиусу переходной кромки резцов для прецизионной обработки (ПП); датчик касания (ДК), обеспечивающий согласование координат рабочей поверхности шлифовального круга и восстанавливаемого резца.

В состав КЛТ и КЛФ входят модули, реализующие: метод полного перебора (МПП), метод сокращенного перебора (МСП), метод комплексного перебора (МКП) признаков; классификаторы, реализующие известные методы распознавания – метод максимального правдоподобия (КММП), комплексный модифицированный ККМ, нейросетевой классификатор (КНС), нейросетевой нечеткий классификатор (КННС) [2], [3].

Фрагмент соответствующей структуры СИА ВА РЧ РИ представлен на рис. 2.

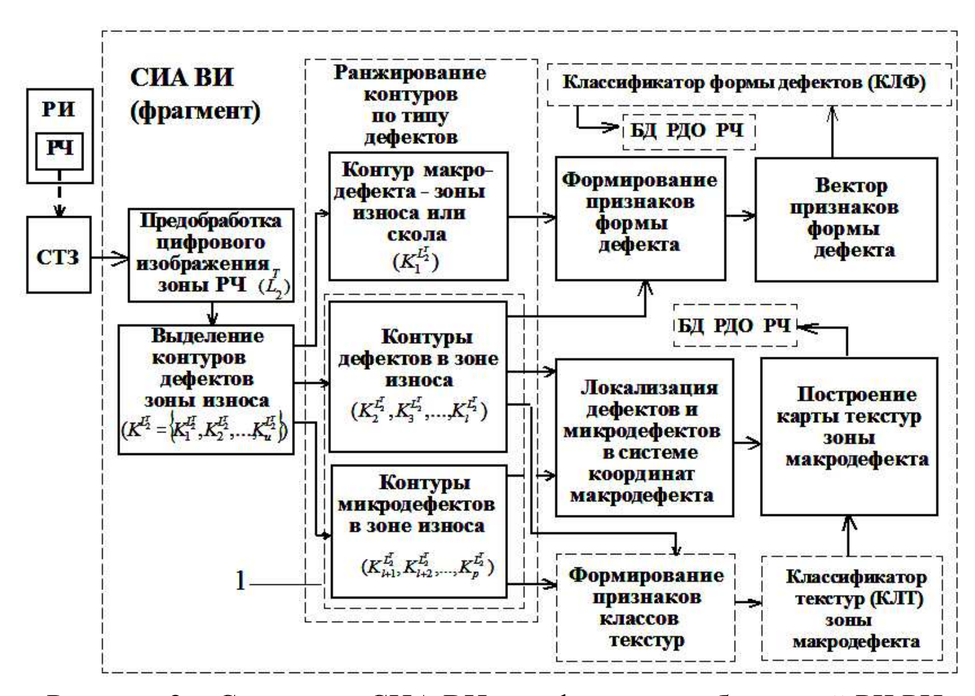


Рисунок 2 – Структура СИА ВИ – цифровых изображений РЧ РИ

Разработана новая структура РДО РЧ. Его вариант, отображающий состояние задней поверхности РИ (A_2^T), представлен выражениями 1, 2.

$$O_{A_2} = \left\{ O_{A_2}^0, O_{A_2}^{T_1}, O_{A_2}^{T_2}, ..., O_{A_2}^{T_i}, ...O_{A_2}^{T_K} \right\} \qquad (1)$$

где: $O_{A_2}^{0}, O_{A_2}^{T_1}, O_{A_2}^{T_2},..., O_{A_2}^{T_i},...O_{A_2}^{T_K}$ – последовательность расширенных образов A_2^T полученных ИС за весь период эксплуатации РИ – от состояния «0» до состояния «К».

Расширенный образ РЧ для одного из состояний A_2^T :

$$O_{A_2}^{T_5} = \begin{Bmatrix} I^{RGB}, I^{OS}, I^{BIN}, K^{\Sigma}, T^{\Sigma}, \Pr^1, \Pr^2, \Omega_i^{F\left[A_2^T\right]} \\ ,..., \Omega_j^{Tx\left[A_2^T\right]},..., S_1^{F\left[A_2^T\right]},..., S_3^{F\left[A_2^T\right]}, Kr_1^{Tx\left[A_2^T\right]},..., Kr_3^{Tx\left[A_2^T\right]}, C^{\left[A_2^T\right]} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

РДО РЧ формируется в результате многоуровневой обработки одного или нескольких (в зависимости от принятой схемы контроля и требуемой глубины диагноза) цифровых изображений РЧ РИ. Выделяется комплекс признаков формы и других параметров зоны износа или скола РЧ, которые затем поступают на вход КЛФ. Производится выделение текстурных зон, отличных от текстур поверхностей новых инструментов, определяется комплекс признаков текстур, которые поступают затем на вход КЛТ. Расшифруем содержание основных компонентов (2).

I^{RGB} – изображение A_2^T (формат RGB), которое формируется на выходе цифровой камеры СТЗ; I^{OS} – изображение A_2^T «в оттенках серого»; I^{BIN} – бинарное изображение A_2^T, формируемое для последующего выделение контура зоны износа или скола РЧ; K^{Σ} – набор выделенных контуров зоны A_2^T ;

$$K^{\Sigma} = \left\{K_1^T, K_2^T, K_3^T,..., K_j^T,..., K_R^T\right\},$$

где: j=1...R,; R – количество выделенных в пространстве значимых контуров (контуров значимых размеров, соизмеримых с размерами микродефектов, дефектов и макродефектов РЧ). Очевидно, что множество можно разделить на ряд соответствующих подмножеств и задать между ними ряд топологических отношений – принадлежности, соседства и др. T^{Σ} – набор выделенных текстур зоны A_2^T, вернее – набор текстурных зон, карта текстур контактной поверхности РЧ, которая отображает следы проявления тех или иных механизмов изнашивания и разрушения РЧ. $\Pr^1$ – набор первичных признаков формы зоны A_2^T ; $\Pr^2$ – набор вторичных признаков формы зоны; $\Omega_i^{F\left[A_2^T\right]}$ – класс формы зоны A_2^T, распознанный методом MRF_1. $\Omega_j^{Tx\left[A_2^T\right]}$ – класс текстур одной из зон A_2^T, распознанный методом MRT_1; $S_1^{F\left[A_2^T\right]}$ – структура A_2^T, определенная по данным метода MRT_1; $S_3^{F\left[A_2^T\right]}$ – структура A_2^T, определенная по данным метода MRT_3; $Kr_1^{Tx\left[A_2^T\right]}$ – карта текстур A_2^T, сформированная с использова-

нием метода MRF_1; $Kr_3^{Tx\left[A_2^T\right]}$ – карта текстур A_2^T, сформированная с использованием метода MRF_3; $C^{\left[A_2^T\right]}$ – класс состояния A_2^T.

На рис. 3 отображены классы текстур РЧ, подлежащих распознаванию. Описание соответствующих КЛТ выходит за рамки данной работы.

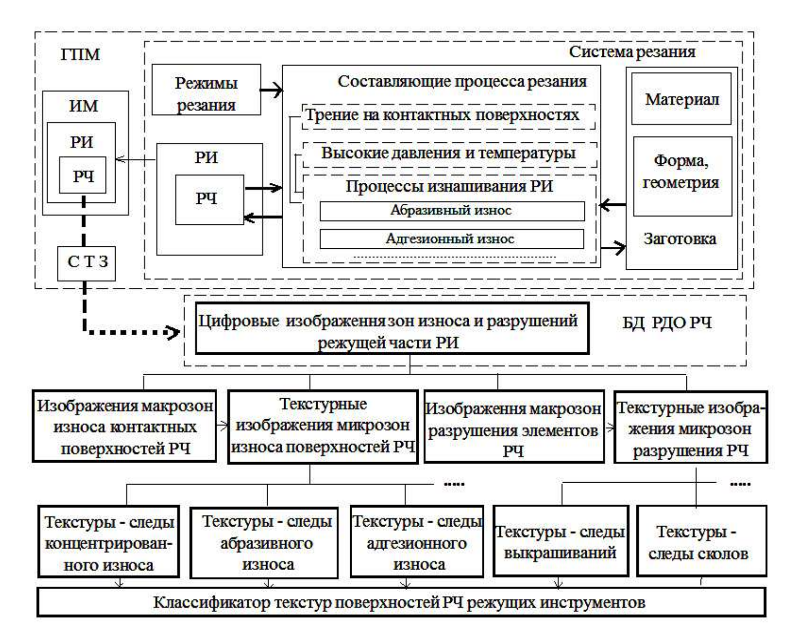


Рисунок 3 – Представление классов текстур зон износа РЧ РИ, подлежащих распознаванию в процессе диагностирования состояний инструментов

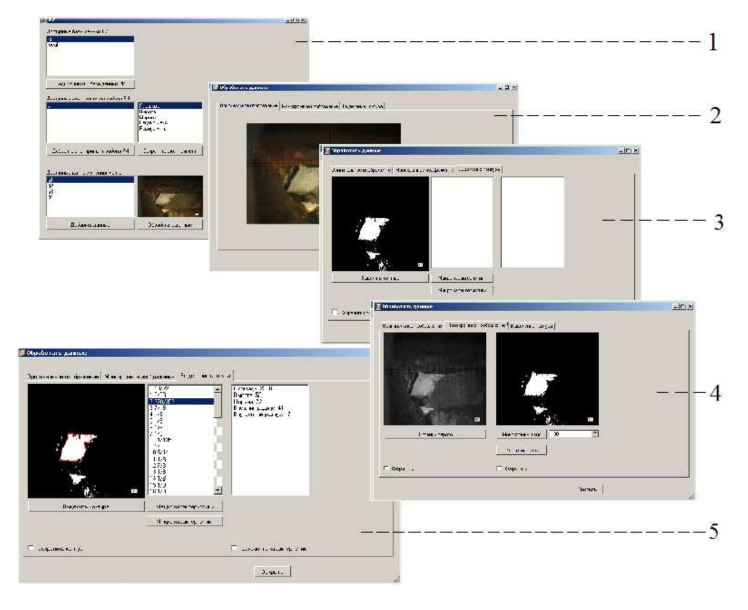


Рисунок 4 – Отображения этапов формирования РДО РЧ в рабочих панелях соответствующего программного комплекса (разработан аспирантом Д.А. Криницыным):
1 – основная панель; 2 – панель бинаризации; 3,4 – панели выделения контуров; 5 – панель признаков формы зоны износа или скола РЧ

Выводы

Разработана структура интеллектуальной системы, обеспечивающей своевременное диагностирование отказов РИ и оптимальное восстановление РЧ с минимальными потерями инструментального материала. Разработаны и исследованы соответствующие модули ИС. Внедрение ИС обеспечит снижение затрат на РИ ГПМ.

Литература

1. Весткемпер Е. Технический интеллект в производстве будущего. Резание и инструмент в технологических системах / Весткемпер Е. – Харьков, 1998. – Вып. 52. – С. 3-12.
2. Деревянченко А.Г. Диагностирование состояний режущих инструментов для прецизионной обработки / А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко, А.В. Андреев. – Одесса : Астропринт, 1999. – 184 с.
3. Деревянченко А.Г. Распознавание состояний режущих инструментов интегрированных производств / А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 735-743.

Literatura

1. Vestkemper E. Tehnicheskii intellekt v proizvodstve buduschego. Rezanie i instrument v tehnologicheskih sistemah. - Har'kov, 1998. - Vyp. 52. - S. 3 - 12.
2. Derevyanchenko A.G. Diagnostirovanie sostoyanii rejuschih instrumentov dlya precizionnoi obrabotki / A.G. Derevyanchenko, V.D. Pavlenko, A.V. Andreev. – Odessa : Astroprint.- 1999. – 184 s.
3. Derevyanchenko A.G., Raspoznavanie sostoyanii rejuschih instrumentov integrirovannyh proizvodstv / A.G. Derevyanchenko, V.D. Pavlenko // Iskusstvennyi intellekt. – 2006. - № 4. - S. 735 – 743.

A.J. Derevianchenko

Intellectual System of Refusals Diagnosing and Cutting Part of Cutting Tools Renewal.

Efficiency is a complex criterion of cutting tools (CT) quality, including a degree of working CT resource using, making qualities of processing stipulated by a cutting tools states. The main researches are conducted for base representatives CT precision cutting - cutters for thin turning. The multilevel classification of technologically significant CT states, based on performance of a cutting tools working part as a system of elements with a variable structure, is justified. It is offered to map a CT states in space of signs as vector, which components are formed by results of the cutting tools control, and in the state space as vector of states used for CT diagnosing. Is installed, that for complex diagnosing of cutting tools defects - elements of macro- and microstructure of a CT working part, control a technological system of the machine tool on a cutting tools states the formation of structural - parametric models (SPM) is necessary. Are developed and are realized a gamma of methods of the CT control and diagnosing, providing: formation of three-dimensional images of edges, detection of elements of their structure and definition of appropriate parameters, SPM, mathematical, algorithmic and software, benches for a realization of methods with use of contact sensors and visions. Outcomes and the recommendations of activity provide an effective utilization CT on machine tools of a class as FMC, create conditions for automatic forecasting of a residual cutting tools resource and FMC control on a CT state.In the article a new structure of the intellectual system (IS) and theoretical bases for creation of the IS modules are developed. The module of 2D- and 3D-models of cutting part (CP) of worn-out CT, which are formed with the use of the system of technical sight, module of the CP renewal with the minimum losses of instrumental material and other are offered. New methods of analysis and recognition of CP texture classes are developed, that provided the receipt of new high-informing signs of the CT states, and promoted quality of diagnosing and depth of CT states recognition.

Статья поступила в редакцию 17.12.2012.